

論文・解説

27

車対車側面衝突における大型車の加害性低減構造 Aggressivity-Reducing Structure of Large Vehicles in Vehicle-to-Vehicle Side Crash

安部 晶子*¹ 福島 正信*² 尾川 茂*³
Akiko Abe Masanobu Fukushima Shigeru Ogawa
砂川 孝之*⁴
Takayuki Sunakawa

要 約

LTV (Light Truck and Van) のような車高が高い大型車が、車高の低いセダン型乗用車に側面衝突した場合、米国では乗用車側の運転者の死亡率が乗用車同士の側面衝突に比べ3倍以上と高く、車対車側面衝突におけるLTVの加害性が大きな問題になっている。この不均衡な状態の改善には、乗用車側の側突保護性能を向上させるだけでなく、LTVの加害性低減も不可欠である。LTVに側突された乗用車は、その衝突荷重の多くをBピラーで受けるため、Bピラーの変形は大きくなり、クラッシュスペースの少ない側面衝突では乗員傷害の悪化につながる。そこで、乗用車のBピラーが受ける集中荷重を他の構造部材に分散させ、Bピラー変形を抑えて乗員傷害の低減につながるLTV側の加害性低減構造を検討した結果、サブフレームを前方に延長し、ロッカーへ荷重を分散させることが効果的であることがわかった。

Summary

If a large and higher height LTV (Light Truck and Van) like an SUV strikes on the side of a lower height sedan-type passenger vehicle, it gives a higher risk to an occupant in the struck passenger vehicle than such a risk that the same class passenger vehicle gives. In order to correct such an incompatible situation, it is important not only to improve self-protection of small passenger vehicles but to reduce aggressivity of LTVs. Concentrated crash force is transmitted to the B-pillar of the passenger vehicle if it is struck on the side by an LTV. The concentrated force cause a large B-pillar deformation that worsens occupant injury because of limited crush stroke in that area. This study, therefore, discusses the aggressivity-reducing structure of LTVs that realizes force dissipation to other structural components than B-pillar. Forward-extended sub-frame that transmits force to the rocker area was found to be effective in reducing B-pillar deformation, thus reducing aggressivity of LTVs.

1. はじめに

衝突安全性は近年、各国の法規制やNCAPの強化により大幅に向上している。ただし、市場事故においては、小型車と大型車が衝突した場合に、小型車の乗員の死亡率が大型車のそれを大きく上回っている問題が依然として存在しており、中でも小型車の側面に大型車が衝突した場合に顕著である⁽¹⁾。このような大きさの異なる車両同士が衝突した場合の両車の保護性能(コンパティビリティ)の改善が今後の課題といえる。

Fig.1は、2001年のFARS(米国死亡事故)データのうち、車両総重量4,536kg以下の小型車の乗員死亡事故件数を示したものである。死亡事故の内、43%が車対車衝突によるもので、衝突形態別では側突が最も多く38%を占めている。更に車対車側突の死亡事故の相手車両をタイプ別に見ると、47%がLTVでほぼ半数を占めている⁽²⁾。

LTVのコンパティビリティ性能は、これまで主に前突時の加害性問題が指摘されており、米国では規制化も検討されている。また、フロントサイドメンバより低い位置に乗用車が潜り込むことを防止する車体構造の採用など、前突

*1~3 衝突性能開発部
Crash Safety Development Dept.

*4 CAE部
CAE Dept.

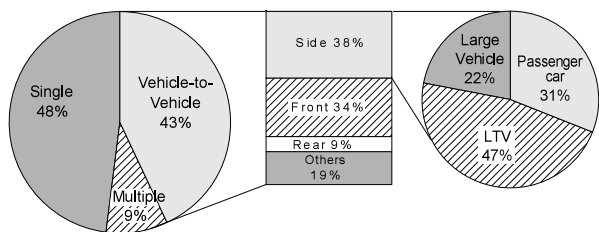


Fig.1 Fatality by Crash Type(Left)
Vehicle-to-Vehicle Crash Fatality by Impact Direction(Center),
Vehicle-to-Vehicle Side Crashes by Struck Vehicle(Right)

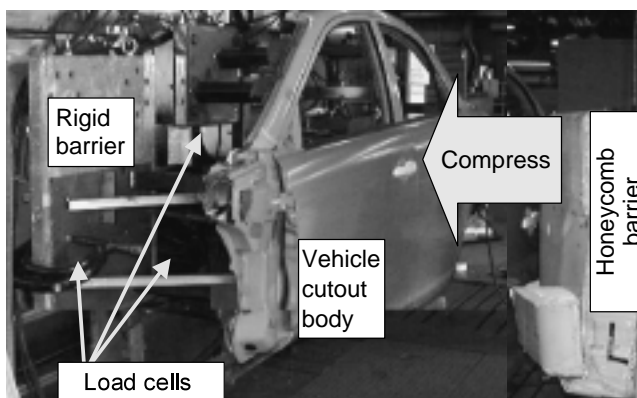


Fig.2 Component Test for Force Share Study

コンパティビリティ対策を織り込んだLTVが既に商品化されている。しかし、この事故データから側突におけるLTVの加害性も重要な問題であることは明らかである。

LTVが関与する側突事故の問題はこれまで多くの研究機関が研究し、米国ではIIHSがLTVを模擬したハニカムバリアを用いて側突性能を評価している。また、同じく米国では、業界の自主規制として独自の評価を検討している。しかし、これらは全てLTVに側突される被側突車両の保護性能の向上を促すもので、側突する大型車側の加害性低減を要求するものではない。そこで本報告では、LTVの車体前面構造に着目し、実現性の高い加害性低減構造を見出し、その効果を側突FEM解析で検証した。

2. 側突加害性低減コンセプト

2.1 側突傷害発生メカニズム

側突における乗員の傷害は、被側突車の車体側面が乗員に向かって変形することで発生し、変形が大きいくほど乗員傷害が大きくなる傾向にある。一般的に車体側面は、車体と乗員間に十分なスペースがなく、強度も低い傾向にある。そのため、側突する車両（側突車）がLTVのように車高が高く車体前面強度も高い車の場合、側突される車両（被側突車）の車体変形は全体的に大きく、かつ、車高差によって、頭部・胸部付近での変形が大きくなると考えられる。従って、被側突車の乗員傷害を低減させるためには、被側突車の車体変形量を低減し、生存空間を確保することが重要である。特に、死亡重傷率の高い頭部や胸部の傷害発生を抑えるためには、頭部・胸部エリアの生存空間を確保することが重要である。

2.2 衝突荷重分担

まず、LTVが被側突車の車体変形に与える影響を衝突荷重の分担比較で確認した。荷重分担は、LTVの前面特性を模擬したIIHS側突ハニカムバリアと乗用車の前面特性を模擬したECE R95ハニカムバリア、FMVSS214ハニカムバリアの3タイプを用いて、車体側面を静的に負荷する試験を行い、車体側面の各部位への荷重を計測し求めた。

この荷重計測試験では、Fig.2に示すように、車両総重量約1,600kgの乗用車の側面カットボデーと固定壁の間に荷重計を取りつけ、車体を3種類のハニカムバリアで静圧

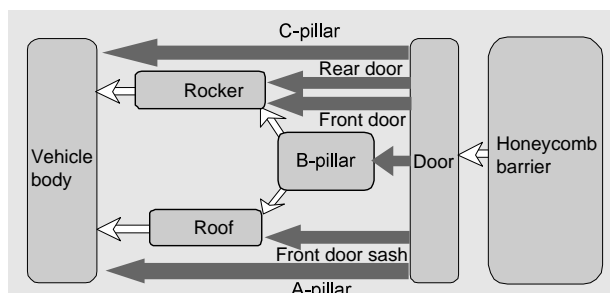


Fig.3 Load Path in Side Impact Component Test

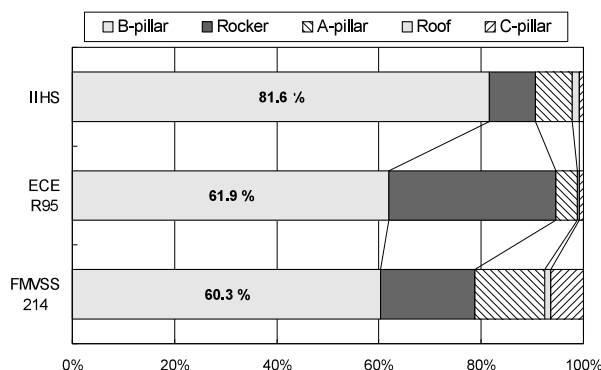


Fig.4 Force Share Comparison

縮し、各部の荷重を計測した。計測部位はFig.3に示す側突における車体側の荷重伝達経路のうち、太矢印の伝達部位である。

Fig.4は、静圧縮試験における各部位の荷重分担割合を比較したものである。この結果より、LTVを模擬したIIHSバリアは、Bピラーへの荷重分担が80%と高いことがわかった。これは乗用車を模擬した他のバリアに比べ負荷位置が高いためである。また、ロッカー側への入力荷重は全体の9%、前後側のAピラーとCピラーへは8%、アッパー側のルーフへは1%と極端に少ないことがわかった。これは、IIHSバリアが、ロッカーやAピラー、Cピラーとラップしない形状であるため、IIHSハニカムバリアによる荷重分担は偏っていることがわかる。

2.3 衝突荷重分担とBピラー変形の関係

次に、IIHS側突バリアのように、荷重がBピラーに集中した場合と、ロッカーなどBピラー以外の車体側面の構造に荷重が分散入力した場合の車体変形への影響をFEMで解析した。

FEM解析は、車両総重量1,600kgの乗用車モデルの側面に、同一乗用車モデルを角度90度、50km/hで衝突させる形態で行い、これをFig.5に示す2ケースの側突車の高さで実施した。

ケース1は、側突車のサイドメンバが被側突車のロッカーに接触しないLTVの車高に合わせた高い位置にあり、ロッカーに荷重分散しない。ケース2では、ロッカーに荷重分散するよう側突車のサイドメンバを被側突車のロッカー位置まで下げた。

解析の結果、Fig.5に示すように、被側突車のBピラー変形量は、ロッカーへの荷重分散があると、胸部で123mm、腰部で84mmの低減効果があった。

また、この時の運転席に搭載したSID II sダミーの傷害値を比較すると、荷重分散のあるケース2が、荷重分散のないケース1より良い結果となった (Fig.6)

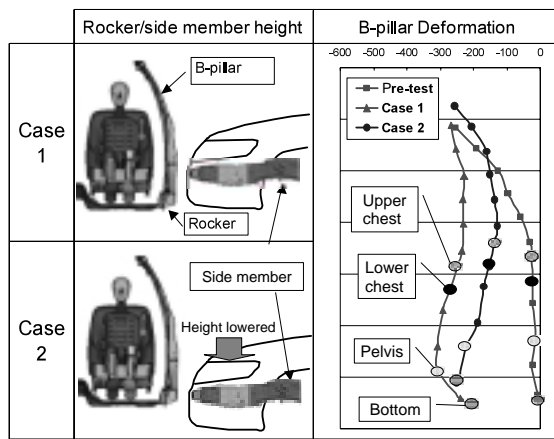


Fig.5 Simulation Matrix and B-pillar Deformation

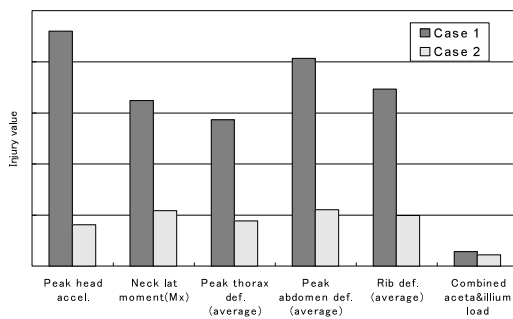


Fig.6 Occupant Injury Comparison

2.4 Bピラー変形と乗員傷害の関係

前述のように、側突車の高さがLTVのような場合、被側突車が受ける荷重は、Bピラーに集中し、Bピラーの変形が大きくなることが確認できた。次にBピラーの変形量および変形位置と前席乗員傷害値の関係を更に解析で求めた。

解析では、SID sダミーを運転席に搭載した同一の被側突車に、前面構造、車高、剛性を種々に変化させた側突車を50km/hで衝突させた。この時、Fig.7に示すBピラー変形の計測ポイントはダミー傷害値計測部に近接している5ヶ所を設定した。

この結果、Fig.8~10に示すように、胸部や腰部のダミー傷害程度はその部位に近い高さにあるBピラーの変形量と相関があることがわかった。頭部に関してはウィンドウシルやガラスなど車室内やバリアへの二次衝突による影響があり、Bピラーの変形量と明確な相関はみられなかった。

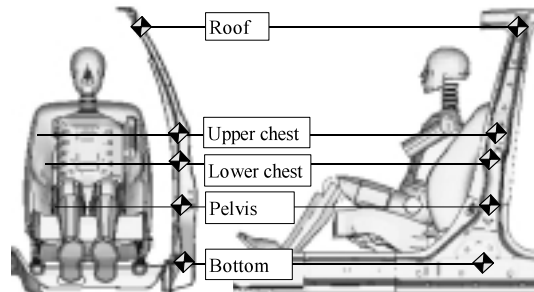


Fig.7 B-pillar Deformation Measurement Points

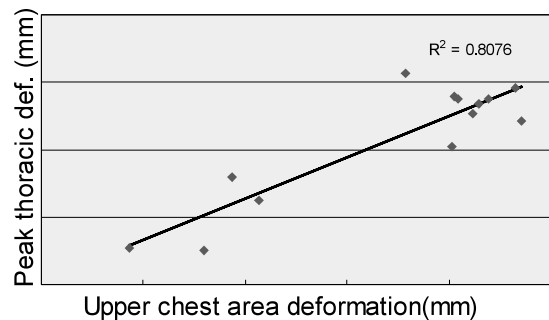


Fig.8 Deformation vs Injury (Upper Chest)

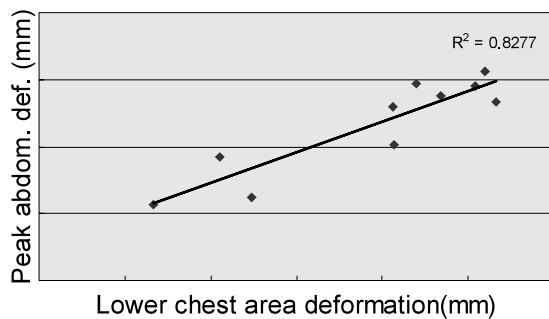


Fig.9 Deformation vs Injury (Lower Chest)

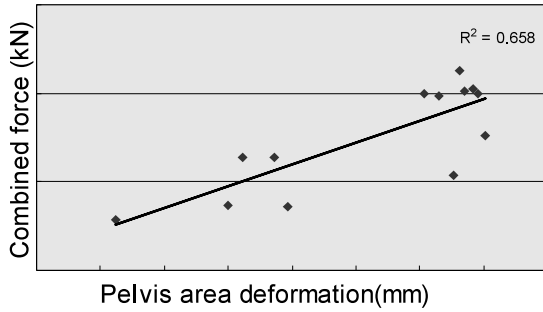


Fig.10 Deformation vs Injury (Pelvis)

2.5 側突加害性低減コンセプト

以上の解析結果より、側突時の乗員傷害低減には、被側突車のBピラー変形の抑制が必要で、Bピラーへ集中する荷重をBピラー以外の構造部材に分散伝達することが有効な手段であることがわかった。特に、ロッカーおよびロッカーからクロスメンバ、フロア全体など車体アンダー側への荷重分散が効果が高いことがわかった。

アンダー以外の荷重分散可能な構造部材として、AおよびCピラー、ルーフがある。しかし、AおよびCピラーといった車の前後方向への荷重分散は、衝突する側突車側の車幅を広げないと無理であり、またルーフへの荷重伝達は、頭部に近いBピラー上部の変形が増え頭部傷害を増大させる可能性があることから、賢明な対策ではない。そこでLTVの側突加害性低減のコンセプトとして、LTV側に被側突車のロッカーへ荷重を入力させる構造を設けることを検討した。

3. 対策構造

市場における平均的なセダン型乗用車のロッカー地上高は、LTV系大型車両の前面構造部材であるパンパレインやサイドメンバより低い位置にあるため、LTV系大型車が乗

用車に側面衝突した場合、ロッカーに荷重伝達しにくい。そこで、側突加害性低減コンセプトを具体化する構造として、Bピラーへ荷重が集中する前の衝突初期にロッカーに荷重伝達させることを可能にするLTV側の対策構造として3ケースの効果をCAE解析により検証した。

3.1 CAE解析方法

解析は、Fig.11に示す角度90度の50km/h側突モードで、被側突車のBピラー各部の変形および入力荷重を比較評価した。

被側突車は、車両総重量1,600kgの乗用車でロッカー下面地上高が187mm、Fig.12に示す側突車のベースは、車両総重量2,000kgのサブフレーム付きLTVタイプモデルでサイドメンバ下面地上高は415mmである。そして、ベース車に対しFig.12に示す3ケースの解析を実施した。

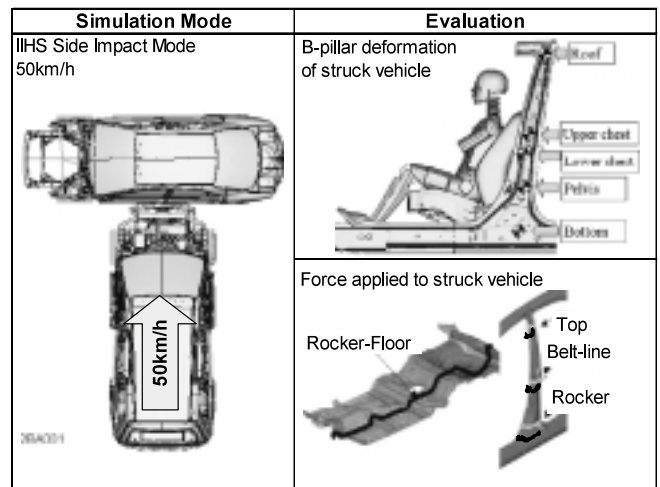


Fig.11 Case Study Simulation Mode

	Base	Case 1	Case 2	Case 3
Vehicle height (comparison with base)	0mm	-75mm	0mm	0mm
Structure				
Striking vehicle height & structure				

Fig.12 LTV-Car Side Impact Simulation Matrix

3.2 ロッカーへの荷重入力の効果

ケース1は、ロッカーへ荷重が直接伝達することを狙い、被側突車のロッカーにサブフレームの先端が50%ラップするように、車高をベースから約75mm下げた。

ケース2は、車高は下げず、サブフレームの先端をパンパレイン前端と同じ前方位置まで延長したものである。この延長サブフレームが、より早いタイミングで被側突車のロッカー部に荷重入力することで、Bピラーへの荷重を分散させることを狙いとした構造である。

Fig.13は、被側突車のロッカー（Bピラー下端）および胸下部付近のBピラーに入力した荷重と変形量について、ベースとケース1の結果を比較したものである。車高を低くしたケース1はベースに比べ、ロッカー部への荷重が増え、Bピラーの荷重が減り、荷重が分散している。その結果、被側突車のBピラー変形量は抑制できている。

しかし、ケース1は意図的に車高を下げた仕様のため、現実的な構造とはならない。

Fig.14は、ケース2とベースの結果比較である。ケース2では、ロッカーへの入力が増え、被側突車のBピラー変形の抑制効果は得られなかった。この原因は、Fig.15に示すように、ケース2の延長サブフレームが、ロッカーを回転変形させ、サブフレーム自体も上方に変形しながらロッカー上面に滑り上がり、荷重がロッカーおよびフロアへ十分伝達されなかったためである。またこの滑り上がった延長サブフレームがサイドメンバと同じ位置まで上方へ変形したため、これら二つの構造部材が同時に被側突車のBピラー下部に集中的に荷重を伝え、Bピラー胸部の変形がベースよりも大きくなった。このように、側突車側の構造は、被衝突車のロッカーの変形挙動も考慮する必要があることがわかる。

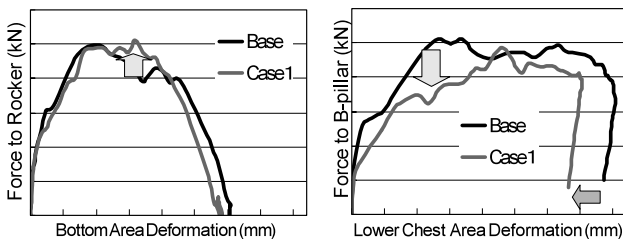


Fig.13 Force vs. Deformation for Case 1

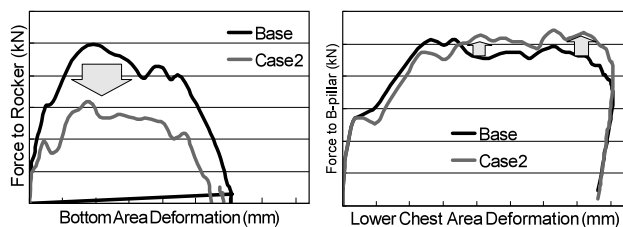


Fig.14 Force vs. Deformation for Case 2

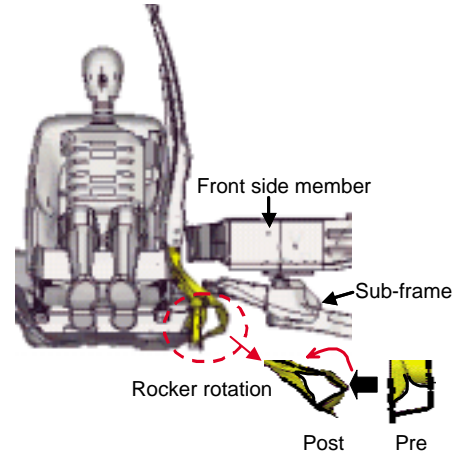


Fig.15 Rocker Rotation in Case 2

そこでFig.12のケース3では、車高は下げず、被側突車のロッカーとの接触面を広げロッカーの回転変形を抑える狙いで、サブフレーム前端の断面高さ20mmを下方に100mmまで拡大した。更にサブフレームの上方変形を抑え、ロッカーへの乗り上げを防止することを狙った縦メンバを、延長サブフレーム前端部とパンパビーム間に左右各1個追加した。

ケース3の結果、Fig.16および17に示すように、縦メンバにより、サイドメンバとサブフレームの上下間隔が維持でき、ケース2のようなサブフレームの上方変形がなくなった。これにより、ロッカー部への荷重入力が高くなり、Bピラーへの荷重が軽減できた。

Fig.18は、被側突車のBピラー各ポイントの変形量増減をベース比で示したもので、ベースより変形が少ない場合をマイナスで示している。ケース1および3は、ベースに比べBピラー変形が、特に胸部で減少している。ケース3ではロッカーとのラップ量が増えBピラー下部の変形は増加したものの、サイドメンバ高が高いままだったため、ケース1ほど胸部高さ位置でのBピラー変形の低減効果はなかったが、車高を維持しつつ改善効果を得られた。

以上のように、側突におけるLTVの加害性低減構造は衝突荷重をBピラー以外の構造部材、特にロッカーへ分散入力できる構造が効果的で、構造インタラクションの改善が重要である。

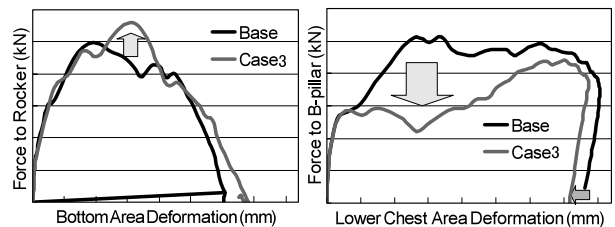


Fig.16 Force vs. Deformation for Case 3

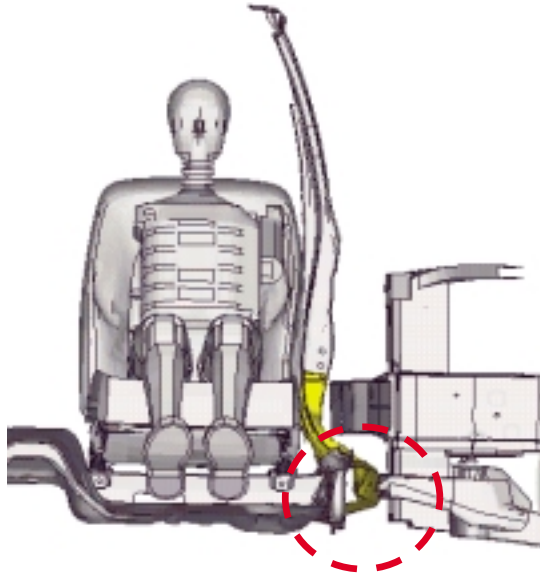


Fig.17 Axial Energy Transmission to Rocker for Case 4

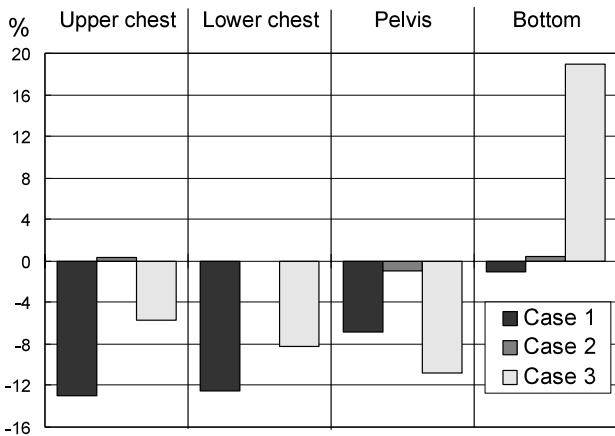


Fig.18 B-pillar Deformation in Comparison with the Base

4. まとめ

側突におけるLTVの加害性を低減するためには、衝突荷重を分散させBピラーの変形を抑制することが重要で、特にロッカーへの荷重分散が効果的である。衝突荷重を分散させるためには、LTVの車高を大幅に下げることが有効であるが、これはアプローチアングルなどから現実的な対策方向にはなり得ない場合がある。今回、車高を下げず、低い位置に構造部材を配置する構造として、被側突車のロッカー上面への乗り上げ防止を施したサブフレームの前方延長が効果的であることがわかった。

5. おわりに

以上、側突におけるLTVの加害性低減について述べてきたが、コンパティビリティの問題は、加害性低減と自車保護性向上が同時に実現できて大きく改善されるものである。マツダはこれからも、市場事故での死傷者低減を目指した、安全技術開発に取り組み、商品化を目指していく。

参考文献

- (1) Summers et al. : NHTSA's Research Program for Vehicle Aggressivity and Fleet Compatibility , ESV2001 Paper No.249(2001)
- (2) NHTSA : Initiatives to Address Vehicle Compatibility , NHTSA Report , June 2003(2003)

著者



安部晶子



福島正信



尾川 茂



砂川孝之